

# Técnicas en el control y regulación del alumbrado

Apellidos, nombre	Pineda Sánchez, Manuel (mpineda@die.upv.es)
Departamento	Departamento de ingeniería Eléctrica
Centro	Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales Universidad Politécnica de Valencia

# 1 Resumen

En el ahorro energético, una de las variables más utilizadas es el control y ajuste de la iluminación. Además, a la hora de crear ambientes determinados desde el punto de vista de la decoración, este parámetro es también muy tenido en cuenta [1]. Aunque la sensibilidad es sobradamente conocida es interesante saber (aunque de forma elemental) como se regula el alumbrado.

En este trabajo se describe de forma básica los métodos más usuales en el control de la iluminación [2], se alecciona al lector en las técnicas empleadas hoy en día, y aunque no se entre en un análisis detallado por la extensión del artículo, al menos se dejen bastante claro la forma de actuar en estas tecnologías.

## 2 Introducción

El alumbrado ha sido causa de infinidad de trabajos de investigación a lo largo de la historia, solo hay que ver la gran evolución que han experimentado tanto las luminarias como las propias lámparas empleadas en las iluminaciones, tal como ocurre en el alumbrado doméstico o en el alumbrado industrial. Pero desde hace unos años la incorporación de nuevas técnicas que mejoren el rendimiento de los equipos instalados en alumbrado, han experimentado también una importante evolución en el control del flujo luminoso, todo ello ha permitido una optimización de la calidad y del ahorro de energía eléctrica que se consume en este tipo de instalaciones eléctricas.

De forma clásica, tanto en la industria como en el uso doméstico la regulación que se ha ejercido sobre el alumbrado para ajustar los costes energéticos a la demanda de iluminación, era a base de tener encendidas un determinado número de luminarias o lámparas a criterio del usuario. Esto hoy en día prácticamente no tiene sentido, ya que los sistemas de control (de forma general) son autónomos y se les indican el valor de las variables a ajustar y los equipos empleados en los controles, son los que regulan cualquier ajuste [3].

Junto con esta regulación de alumbrado, la automatización del control del aire acondicionado, el control de accesos, los sistemas de extinción de incendios y alguna otra variable es la que ha denotado que a ciertos edificios de viviendas o de edificios dedicados a oficinas, se les conozcan "vulgarmente" como "edificios inteligentes" [4]. En este trabajo solo se analiza la parte de control de alumbrado.

Dentro de las tendencias empleadas en el control del alumbrado, que aún siendo bastante novedosas, no para de evolucionar, de forma muy rápida, ayudada por la evolución de otros equipos de control y comunicación industrial que permite hoy en día, cambiar los reguladores clásicos (potenciómetros o similares) por controles a través de buses de comunicación e incluso por comunicación inalámbrica, tal como son los teléfonos móviles y las recientes "tablets" [5]. Todo ello aprovechando que los autómatas programables o PLCs (equipos muy experimentados en el control industrial), están empezando a irrumpir en el control del alumbrado.

### 3 Objetivos

Por tanto para que el lector pueda crearse una idea clara de la evolución de estas técnicas, su estado actual y previsible futuro, con este trabajo se pretende que los alumnos puedan adquirir unos conocimientos básicos sobre:

- La historia y la evolución en el control de alumbrado.
- Las técnicas actuales de control y automatización de sistemas de iluminación.
- Las ventajas al utilizar los métodos del control de alumbrado.
- La incorporación de equipos de comunicación en el control de alumbrado.
- La regulación de las instalaciones de iluminación en función de las potencias, las energías, factores de potencia, etc.
- Las técnicas de informatización de las regulaciones y/o consumos.

A cada una de las tareas descritas en los objetivos se puede dedicar un trabajo (artículo) especializado y de una amplitud mucho mayor al que se recoge y se pone como límite en este trabajos.

### 4 Desarrollo

En este trabajo se analiza fundamentalmente la evolución del control de alumbrado. Como punto de partida, se explica a continuación, los actuales métodos empleados en los controles de este tipo de instalaciones, seguidamente se exponen las nuevas tendencias que vinculan tanto los controles como sus repercusiones en consumos e incidencias en las instalaciones eléctricas que los alimentan.

El lector podrá así adquirir los conocimientos mínimos necesarios que permitan determinar que técnica en concreto puede aplicar y consecuentemente deberá estudiar de forma mucho más exhaustiva los parámetros que condicionen dicha técnica en textos y catálogos especializados, sin necesidad de tener que realizar un análisis genérico de resto de técnicas similares.

#### 4.1.- Regulaciones básicas en iluminación general de vivienda o locales.

Ya desde muchos años, pero prácticamente sin éxito, se conoce como técnica de regulación de alumbrado el incidir sobre la tensión de alimentación a los receptores de alumbrado. Como es conocido que la potencia se ajusta a la ecuación 1:

$$P = k \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi$$

Ecuación 1. Ecuación de la potencia para cargas alternas.

Dentro de esta ecuación 1 lo que se puede considerar constante es la tensión “**U**” de alimentación, siempre que estemos hablando de redes convencionales sin manipulación alguna, naturalmente el parámetro “**k**”, también es una constante que depende del sistema de alimentación, y toma el valor “1” si es monofásico (caso de los receptores convencionales de alumbrado, y toma el valor “ $\sqrt{3}$ ”, para sistemas de alimentación trifásicos.

El parámetro “corriente” “**I**” depende de la impedancia “**Z**” con la que se construya el equipo o receptor, su valor se calcula con la ecuación 2:

$$I = \frac{U_{receptor}}{Z_{receptor}}$$

Ecuación 2. Cálculo de la corriente en función de la tensión aplicada y la impedancia de la carga

Siendo la “ $U_{receptor}$ ” la tensión que le llega al equipo de alumbrado, que como se ha indicado lo puede fijar la red de alimentación, y la “ $Z_{receptor}$ ” la constituye los elementos con los que se fabrique el dispositivo receptor, en este caso el de alumbrado. Por último, solo queda comentar de la ecuación 1 el parámetro “ $\cos\phi$ ”, que también es un parámetro constructivo y que depende de la relación entre la parte resistiva y la parte inductiva que compongan dicho receptor.

Si se analizan ambas ecuaciones, es evidente que una vez construido el receptor, es decir el equipo de alumbrado (la lámpara y sus arrancadores), **si se quiere modificar algo** de su funcionamiento **solo** queda ajustar el valor de **la tensión**. Por lo tanto **las primeras regulaciones** se hacían a base de disminuciones de la tensión de alimentación a los receptores de alumbrado, y estas reducciones eran de dos tipos, una **con autotransformadores** (o transformadores), mediante los cuales se puede ajustar el valor de la tensión en función de las características de esta máquina eléctrica. Y otra forma es **intercalándole una resistencia** (normalmente variable, denominada potenciómetro), bien en serie o en “paralelo” al receptor de alumbrado. Ver un detalle de este tipo de aplicaciones de regulación en la figura 1.

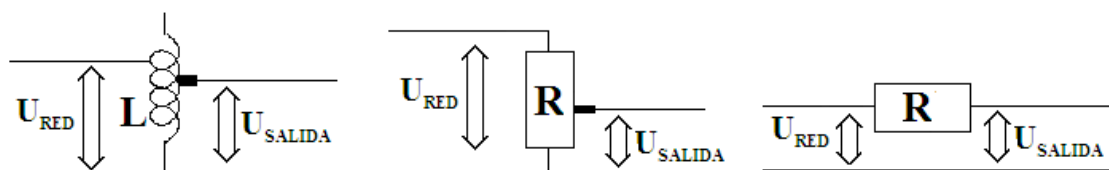


Figura 1. Representación esquemática de un autotransformador y de una resistencia variable, en sus dos alternativas.

Con la utilización de estos elementos (en todos los casos) **se consigue aplicar una menor tensión al receptor** y con ello se **reduce** la **cantidad de luz** que emiten. **Estos métodos** de control de iluminación, son (o pudiéramos decir eran) bastante “rudimentarios” y además **poco utilizados**, por diferentes motivos que básicamente son: el control de la iluminación requiere de la **actuación de un operario**, y el segundo motivo es porque **no todas las lámparas permiten** (ni permitan) una **variación de tensión** para su correcto funcionamiento. El autor ha conocido/practicado estas técnicas en algunos ejemplos reales, tanto a nivel domestico mediante unos

potenciómetros, que incorporaban además de la regulación del valor de la resistencia que se aplicaba, la opción de "interruptor" que desconectaba el circuito apagando la lámpara.

A nivel industrial, el autor también conoció la aplicación de un autotransformador en las líneas trifásicas de alimentación del alumbrado que durante ciertas horas del día o de la noche permitían reducir el valor de la tensión un cierto valor disminuyendo tanto los consumos de energía eléctrica como el nivel de iluminación.

Este tipo de **actuaciones** se llevaba a la práctica en las conocidas **lámparas con filamento** (las convencionales), pero es muy poco eficiente en las denominadas como **lámparas de descarga** (tubos fluorescentes y lámparas de uso común en la iluminación de vías públicas), ya que en este tipo de lámparas las variaciones de tensión, **les afecta sensiblemente a su funcionamiento** convencional y generalmente **no les permite arrancar** o lo que es lo mismo, con las disminuciones de tensión no conseguirían llegar a encenderse. Esto hace que ante un súbito apagado de la lámpara no se puedan volver a encender sin el concurso del operario que tiene que volver a ajustar la tensión, etc., por lo que acaba siendo una mala praxis este tipo de actuaciones.

## 4.2.- Regulación en las lámparas de descarga, de forma manual.

El gran salto en la regulación del alumbrado se dio, cuando se descubrió que **el flujo luminoso de las lámparas de descarga dependía fundamentalmente de la frecuencia de la red de alimentación**. Es decir, para unos valores de tensión adecuados, si la frecuencia de la red de alimentación varía entre unos determinados valores, la cantidad de flujo que emiten las lámparas de descarga es totalmente ajustable desde valores "ínfimos" hasta los valores de máximo flujo.

**Con anterioridad a este descubrimiento**, se tenía ya experimentado para otras **aplicaciones**, equipos de **ajuste y control de frecuencia**, con lo que los técnicos en electrónica, **diseñaron** y experimentaron un equipo denominado **"balasto electrónico"**, que hoy día se **comercializa masivamente** y que ha **permitido el control** "casi total" de este tipo **de lámparas** (las de **descarga**), que podemos denominar como industriales, ya que se utilizan en la práctica totalidad de iluminaciones de interiores y exteriores, incluso se están incorporando fuertemente a la iluminación domestica mediante las conocidas como lámparas de bajo consumo. Un ejemplo de balasto electrónico puede ser el de la figura 2. El funcionamiento de estos equipos está **basado en un puente rectificador**, un **condensador** de unificación de la tensión rectificadora, y "chopper" (o troceador), y unos **filtros** y/o "adecuadores" de las señales de tensión a la entrada y a la salida. El lector puede buscar información de este tipo de equipos.

Los balastos electrónicos están dotados de la circuitería suficiente y adecuada de forma que bien con la participación de un **potenciómetro** o mediante el recibimiento de unos mensajes a través de un **bus** de comunicaciones, este equipo puede interpretar que se le está **indicando la frecuencia de salida** que debe gestionar y

consecuentemente la cantidad de flujo luminoso que deben de aportar las lámparas a las que este equipo está alimentado. De nuevo incidir que **a un menor flujo de luz emitido** se necesita de una menor energía eléctrica con el consiguiente **ahorro energético**.

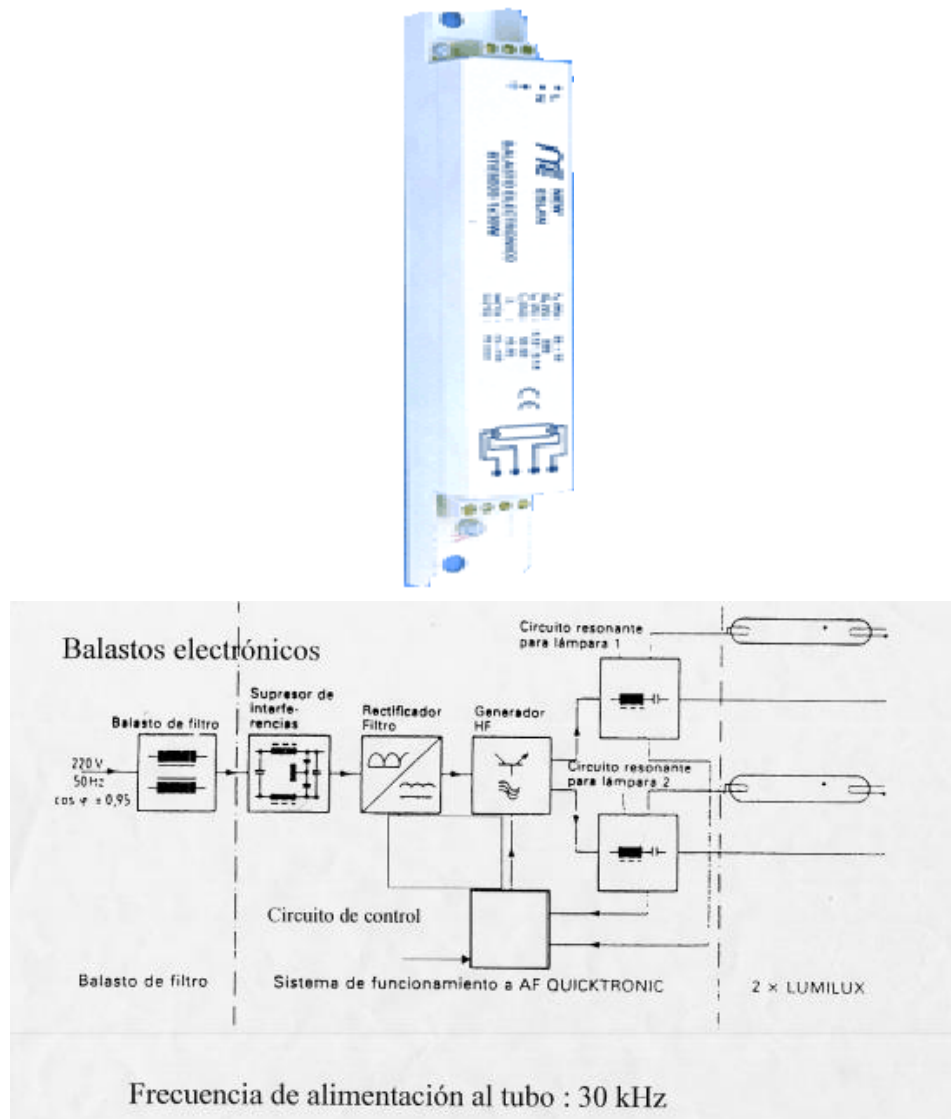


Figura 2. Balasto electrónico, aspecto externo y esquema de funcionamiento.

En este apartado solo cabría indicar que de forma sencilla, se puede actuar sobre el control de una lámpara con un potenciómetro de valor adecuado conectado a unos bornes de salida que dispone el balasto y que permiten regular desde una fuente de tensión continua su valor de entrada y obteniéndose como resultado una variación del flujo luminoso.

Este tipo de regulación es bastante manual y hoy en día es de uso casi exclusivo de pequeñas instalaciones de tipo domestico o del sector terciario (tiendas, pequeñas oficinas o pequeños comercios) donde la regulación de la iluminación, si es que se realiza, se ejecuta de forma manual.

### 4.3.- Regulación de la iluminación de forma automática.

Una vez conocido el funcionamiento de los balastos electrónicos y que estos pueden ser dotados de la potencialidad que aporta la electrónica, **su evolución ha permitido dotarles de regulación** de la frecuencia de salida mediante “mensajes” **a través de buses comercializados** de comunicación [6]. Basado en las redes de comunicación industrial, que permite conectar y pasar grandes volúmenes de datos a través de 2 o 4 hilos comunes a todos los equipos conectados a estas redes de comunicación industrial, se han desarrollado un conocido bus de control de balastos electrónico, que ha quedado como el estándar de comunicación en el control de alumbrado, este bus es conocido como **“bus DALI”**, el lector puede buscar información adicional en las redes (internet) sobre este bus.

**La práctica totalidad de fabricantes de lámparas** y demás equipos de alumbrado, **disponen hoy en día** de equipos **de control de lámparas** que son **conectables al citado bus DALI**. El tipo de comunicación es muy particular por lo que se necesita una especialización en este tipo de bus para poder gestionar adecuadamente los mensajes y protocolos correspondientes. Pero hay que decir que **el funcionamiento** de este bus es **muy similar a** otros de control **industrial**, en los que hay un equipo (normalmente un autómata específico, o **un** ordenador personal con el paquete de software apropiado) que trabaja como **“maestro” y los balastos**, bien en grupos o individualmente actúan **como esclavos**, entre ellos se establece una comunicación a veces en ambos sentidos, aunque más genéricamente, en sentido único desde el maestro al esclavo, y cuando el gestor (el maestro) lo estime oportuno.

Los controles se pueden realizar comúnmente, de forma individualmente, o por grupos de balastos, o lo que es lo mismo de lámparas, formando estos grupos unas escenas o sectores que permitan o esté indicada su gestión grupal.

Como se ha indicado el manejo tanto del software de programación y control, como la gestión de los mensajes que permitan el control es bastante específico por lo que la especialización es importante, esto hace que en muchos casos la falta de personal técnico en estas materias hacen que las aplicaciones no se estén imponiendo de una forma muy contundente. En la figura 3, se plantea un ejemplo de montaje de bus de comunicación general que bien puede ser el denominado como bus DALI.

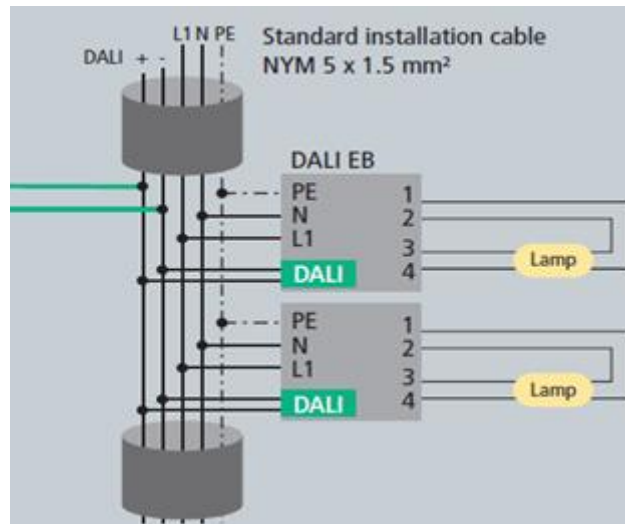


Figura 3. Esquema simple de una configuración de bus de control de alumbrado.

Por último hay que indicar que aunque el único sistema o bus que **hoy en día** es utilizado para el control de alumbrado es el mencionado antes “**bus DALI**”, **ha habido otras opciones** (ejecutadas con anterioridad) adaptar otros buses de comunicación industrial al control de alumbrado, pero hay que reconocer que sin éxito, tal es el caso **como el** conocido **bus ASI**, que es utilizado en la industria como un bus básicos en el control distribuido, para conectar equipos y aparataje de bajo nivel, tales como pulsadores, interruptores, contactores y similares, y en alguna aplicación se intentó utilizar como mecanismo de encendido y apagado, **pero sin regulación de flujo**.

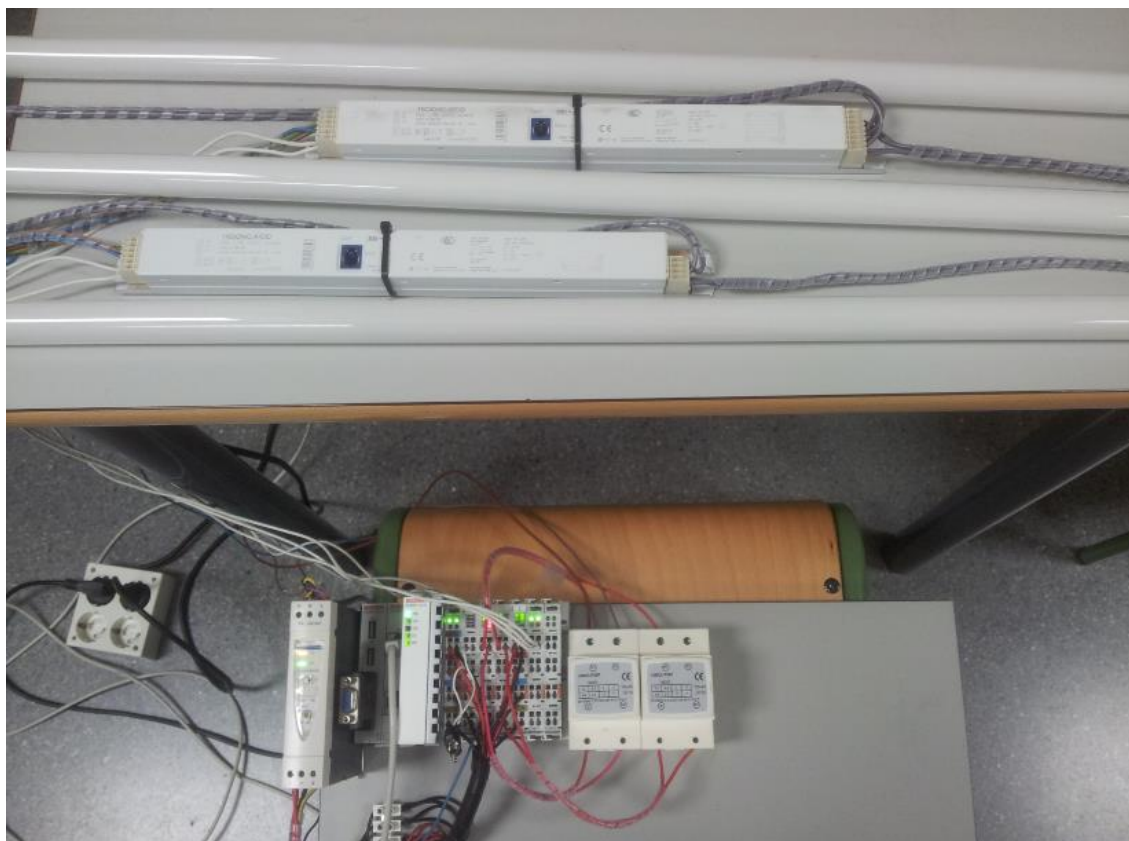
#### 4.4.- Nuevas tendencias en el control de alumbrado.

Dado que la característica de **bus** empleado en iluminación **requiere** de una determinada **especialización**, y que este de alguna forma no está permitiendo un avance en sus aplicaciones como en principio se podría esperar en estos controles, y que además hay sectores de la automatización industrial que no participaban en este mercado, **se empiezan a comercializar** por parte de los fabricantes de autómatas programables, **equipos que puedan conjugar la tecnología de control de los autómatas y la incorporación de módulos adaptados a el conocido bus DALI**, esto intenta acercar a los muy extendidos métodos de control industrial con los poco comercializados controles de alumbrado.

De esta manera se quiere “**popularizar**” en el control de alumbrado a los **autómatas programables (PLCs)**, que hoy en día disponen de una importantísima aceptación en la industria (pero que sufrió en su día una evolución similar a la que está sufriendo el control de alumbrado): **Se espera que en un breve espacio de tiempo se conjuguen definitivamente ambas técnicas y se complementen**. Se pueda diseñar controles de alumbrado con la facilidad del autómata programable y además con la potencialidad que posee en el control de alumbrado (generación de grupos, individualidades, escenas, etc) del citado Bus DALI. En la foto de la figura 4, se tiene montaje que se tiene hoy en día de forma experimental en el laboratorio de



tecnología eléctrica y automatización que viene a justificar lo anteriormente comentado.



*Figura 4. Foto de control de 3 tubos fluorescente mediante un bus DALI a través de un autómatas programable.*

**Esta nueva incorporación va acompañada de otras de carácter también novedoso**, que podrá dar mayores prestaciones al los citados controles, ya que además del control se dispone de módulos **de control de variables eléctricas** como la de corrientes, tensiones y potencias, que **ayudados de los sensores de luminosidad, interruptores**, etc, y la gran capacidad de programas de control que se puede realizar con los PLCs, se **puede gestionar unos controles de iluminación que se ajusten a infinidad de variables**, tales como la tarificación y coste de la energía eléctrica, la luz natural de un recinto, el periodo de trabajo del personal en el recinto, el factor de potencia generado por los receptores y todo aquello que el lector considere que se deba de tener en cuenta para el ajuste de la iluminación.

Para concluir con las expectativas que acarrea la incorporación al control de alumbrado de los autómatas programables cabe recordar a los lectores o en su caso de informarlos, que en **la comunicación de los PLCs con otros equipos** de ayuda al control, **es susceptible de poder intercambiar datos con pantallas de operados, programas informáticos de ordenadores, Tablets, telefonía tanto fija como móvil** [7]. O lo que es lo mismo, se pueden mandar datos a una hoja de cálculo y con esta determinar la regulación de la iluminación, establecer planes de ahorro energético, etc. Se puede establecer comunicación con teléfonos móviles o las modernas tablets, dando información del estado del alumbrado y permitiendo el encendido o apagado así como la regulación del flujo, etc. **Se puede establecer comunicación** programas

de visualización **y control** los denominados **escaladas**, con la misma finalidad que en los casos anteriores.

De todo esto el autor tiene la suficiente información actualizada que permite afirmar que esto, aún siendo futuro para la gran mayoría de los posibles lectores y la industria en general, ya se dispone (mediante una aplicación "piloto" realizada en el laboratorio de Máquinas y Tecnología Eléctrica, donde los resultados obtenidos permiten realizar todo los controles descritos, y se está pendiente de incorporar al control como otro método alternativo de regulación la fibra óptica como elemento de apagado, encendido y regulación de flujo luminoso, que si bien se tiene implementado y comprobado su funcionamiento en un bus convencional del tipo DALI, queda verificar su actuación a través del autómatas programable.

## 5 Cierre

Son muchas las evoluciones que se puede observar en el mundo del control industrial, y entre ellas la del control de instalaciones de alumbrado. En estas instalaciones, además de las innovaciones propias del control hay que añadir la potentes innovaciones que aporta la industria y el sector de las lámparas de iluminación y sus propios equipos de control, que en estos últimos años se han incorporado tecnología muy interesantes a tener en cuenta, la ya comentada y conocida de las "lámparas de bajo consumo", las nuevas "lámpara de leds", las potentes evoluciones el propios tubos fluorescentes, etc.

Todo esto abre un gran abanico de posibilidades, que el lector puede tener en cuenta a la hora de buscar una especialización o de llevar a cabo las implementaciones de instalaciones nuevas, siempre de acuerdo con las nuevas tecnologías y sabiendo además que se deben conjugar esta nuevas tendencias con las no menos importantes inquietudes sobre el ahorro energético.

En todo ello, tienen una importancia fundamental los equipos y metodologías utilizadas en el control, que deben en todo caso ser fundamentadas en técnicas contrastadas y que permitan agrupar varios de los sectores o inquietudes mencionadas. Hay que decir que en el actual mercado de trabajo el disponer de unos conocimientos claros de estas tecnologías es importantísimo.

Por último recordar que con este trabajo solo se ha querido relatar de donde se viene y hacia donde se camina, que para especializarse en cualquiera de estas tecnologías hay que realizar análisis mucha más intensos, pero se ha tratado de plasmar someramente los diferentes caminos para que el lector pueda adoptar decisiones sobre su especialización con al menos un mínimo de fundamentos.

## 6 Bibliografía

[1] Calloni, J.C. "Curso básico de domótica". Tecnibook/Alsina. 2011.

- [2] Hidobro, J.M., Millán Tejedor, R.J. "Manual de Domótica". Creaciones Copyright S.L. 2010.
- [3] Valentín Labarta, J.L. "Automatismos industriales". Donostiarra S.A. 2012.
- [4] Harke, W. "Domótica para viviendas y edificios". Marcombo. 2010.
- [5] Moro Vallina, M. "Instalaciones Domóticas". Paraninfo. 2011.
- [6] Pérez Cruz, J., Pineda Sánchez, M. "Automatización de maniobras industriales mediante autómatas programables". Univ. Politéc. Valencia. 2006.
- [7] Karl-Heinz, J., Tiegelkamp, M. "IEC 61131-3: Programming Industrial Automation Systems: Concepts and Programming Languages, Requirements for Programming Systems, Decision-making Aids". Springer. 2010.